Aus der Universitäts-Kinderklinik in Marburg
Direktor: Prof. Dr. med. F. Linneweh

Der Einfluß der Orthostase auf das EKG im Laufe der kindlichen Entwicklung

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der gesamten Medizin der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps - Universität zu Marburg

vorgelegt von

Peter Eichmann

aus Paderborn

Marburg 1969

Kleinoffsetdruck: Görich & Weiershäuser, Marburg

Aus der Universitäts-Kinderklinik in Marburg
Direktor: Prof. Dr. med. F. Linneweh

Der Einfluß der Orthostase auf das EKG im Laufe der kindlichen Entwicklung

LIBRARY
CHILDREN'S
HOSP.

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der gesamten Medizin der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps - Universität zu Marburg

vorgelegt von

Peter Eichmann

aus Paderborn

Marburg 1969

Kleinoffsetdruck: Görich & Weiershäuser, Marburg

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am 17. 2. 1969

gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

Dekan : Prof. Dr.med. W. Straub
Referent : Prof. Dr.med. Dittrich
Correferent : Prof. Dr.med. G.A. Martini

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

A Einleitung und Aufgabe

B Untersuchungsgut und Methode

C Ergebnisse
1) Verhalten der Pulsfrequenz
2) Verhalten des Rhythmus
3) Verhalten der P- Wellen
4) Achsenänderung von QRS- und T- Vektor
5) Verhalten der QT- Zeit
6) Verhalten der ST- Strecken
7) Verhalten der T- Wellen

D Besprechung der Ergebnisse

E Zusammenfassung

F Literatur

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41534905_0031

A. EINLEITUNG UND AUFGABE

Seit langem ist bekannt, daß beim Übergang vom Liegen zum Stehen Veränderungen in den Standardableitungen des Elektrokardiogramm auftreten können, die in ihrer Bedeutung unterschiedlich beurteilt werden. AKESSON (1), KIENLE (7), SCHLOMKA und REINDELL (18) waren die ersten, die hierüber berichteten, später befaßten sich vor allem MICHEL (10,11, 12), MECHELKE und CHRISTIAN (13) sehr kritisch mit den Abweichungen des Orthostase-Elektrokardiogramm und deren Bedeutung. MICHEL (10,11,12), STÖRMER und HECK (20) und SZYBOWSKA (21) berichteten über Elektrokardiogramm-Veränderungen bei Kindern.

Die charakteristischen Kurvenänderungen in den Standardableitungen des Orthostase- Elektrokardiogramm bestehen in

1. Pulsfrequenzsteigerung
2. Erhöhung der Vorhofzacke P in Ableitung II und III
3. QRS- Vektorabweichung nach rechts
4. Senkung der Mittelstrecke ST in Ableitung II und III
5. Geringe relative QT-Verlängerung bei absoluter QT-Verkürzung
6. Abflachung bzw. Inversion von T in Ableitung II und III.

Früher nahm man an, daß lediglich Lageveränderungen des Herzens Ursache dieser Elektrokardiogramm-Abweichungen sind und bei gesunden ebenso wie bei herz- kreislauf-kranken Personen vorkommen. Später fanden jedoch einige Autoren eine enge Beziehung dieser Abweichungen zur orthostatischen Kreislaufregulation mit allgemeiner vegetativen Labilität (3,8, 9,18,19). Stellten sie ihre Probanden, welche an orthostatischen Kreislaufstörungen litten und deutliche Veränderungen im Orthostase- Elektrokardiogramm zeigten, in ein Bassin Wasser oder legten sie ihnen vorher Bein- und Bauchbinden an, so wurden die Veränderungen im Elektrokardiogramm vermieden (1,3). Auf Grund dieser Beobachtungen machten die Autoren eine sekundäre Hypoxie des Herzmuskels für die Elektrokardiogramm-Veränderungen verantwortlich, welche durch das

Versacken des Blutes in die Peripherie infolge des fehlgesteuerten Kreislaufes hervorgerufen werden soll (3). HOLZMANN (6) sah „ im Zusammenwirken des Koronarleerlaufes infolge Blutabsackens in die Peripherie mit dem sympatikoton-gesteigerten myokardialen Zellstoffwechsel und der beschleunigten Herztätigkeit " die Ursache der Abweichungen. Seine Annahme wurde unterstützt durch die Arbeiten von NORDENFELT (14), der durch Ergotamininjektionen sehr häufig das Auftreten einer Tachykardie und gleichzeitig auch die elektrokardiographischen Abweichungen, nicht aber den orthostatischen Kollaps verhindern konnte.

LAURENTIUS und THIESEN (8) untersuchten 1oo Jugendliche und Erwachsene, davon 3o Gesunde und 7o Kranke mit Beschwerden im Sinne einer vegetativen orthostatischen Kreislaufregulationsstörung. Sie fanden die Orthostase-Elektrokardiogramme bei allen Gesunden unverändert, bei fast allen Kranken dagegen deutlich verändert. Die Autoren beschrieben geschwungene, unter die Nullinie gesenkte ST- II - ST-III- Strecken im Orthostase-Elektrokardiogramm, welche in praeterminal-negative T-Wellen ausliefen. Diese Veränderungen waren schon im Ruhe-Elektrokardiogramm beim Liegen zu beobachten, sie verstärkten sich lediglich beim Lagewechsel.

SCHMIDT-VOIGT (19) fand bei Patienten mit rein funktionellen Kreislaufstörungen das Orthostase-Elektrokardiogramm pathologisch verändert, das Belastungs- Elektrokardiogramm dagegen normal. SCHLOMKA und REINDELL (18) glaubten, daß die Veränderungen im Elektrokardiogramm bei orthostatischer Belastung der Leistungsfähigkeit des Herz- Kreislaufsystems proportional sind.

MECHELKE und FRIESE (9) fanden einen deutlichen Zusammenhang zwischen Blutdruckverhalten und Elektrokardiogramm-Veränderungen während des Orthostase-Versuches. Bei deutlicher Verkleinerung der Blutdruckamplitude (unter 15 mm Hg.) beobachteten sie negative T- Wellen in Ableitung II und III.

Bei 3o Patienten mit vegetativen Kreislaufstörungen sahen die Autoren Elektrokardiogramm-Abweichungen verschiedenen Ausmaßes, bei 2o Gesunden dagegen keine Veränderungen.

Andere Autoren fanden sowohl bei Patienten mit orthostatischen Kreislaufstörungen als auch bei gesunden Personen fast regelmäßig, zum Teil sehr auffällige Veränderungen im Elektrokardiogramm beim Lagewechsel von der Horizontalen in die Vertikale (1,4,5,11,15,23). Sie interpretierten die Zeichen im Orthostase-Elektrokardiogramm als Folge einer rein vegetativ-nervösen Umstellung des Herzens und nicht als Folge einer Hypoxie des Herzmuskels. So konnte HOFMANN (5) die T-Inversionen und ST- Streckensenkungen mit sympaticushemmenden Rauwolfia- Alkaloiden und Dehydroergotamin zum Verschwinden bringen, mit Theophyllin-Ephedrin-Präparaten als Antagonisten jedoch verstärken.

MICHEL (11) sprach von einer „ orthostatischen Elektrokardiogramm-Reaktion", der er keinerlei diagnostischen Wert für die Klinik beimaß.

Über Veränderungen im Orthostase-Elektrokardiogramm bei Kindern berichteten die Arbeiten von MICHEL (1o), SZYBOWSKA (21), STÖRMER und HECK (2o) und GRASER (4).

MICHEL fand bei Kindern zwischen 3 und 15 Jahren in fast allen seinen untersuchten Fällen deutliche Elektrokardiogramm-Abweichungen beim Lagewechsel von der Horizontalen in die Vertikale, bei älteren Jugendlichen und Erwachsenen dagegen recht selten. ST-Senkungen registrierte er im allgemeinen wesentlich seltener als T-Inversionen.

SZYBOWSKA (21) wies darauf hin, daß orthostatisch-bedingte Elektrokardiogramm-Veränderungen ausgesprochen häufig bei Kindern in der Pubertätszeit vorkommen.

Nach STÖRMER und HECK (2o) waren die Abweichungen typisch für Kinder mit hypotoner Kreislaufregulationsstörung (17).

Demgegenüber sagte GRASER (4), daß die Veränderungen nicht als Maß für die orthostatischen Kreislaufstörungen gelten dürfen. Nach seinen Erfahrungen standen die Elektrokardiogramm-Abweichungen in einer engeren Beziehung zur allgemeinen vegetativen Labilität als zum Verhalten des Kreislaufes unter orthostatischer Belastung.

In der Literatur fanden wir Angaben über Untersuchungen von Kindern erst ab 3. Lebensjahr (1o). In diesem Alter haben sich die Kreislaufverhältnisse aber schon grundlegend geändert. Beim Säugling ist der Kreislauf zentralisiert. Von einem kleinen, anfangs noch muskelschwachen linken Ventrikel wird ein kleines Schlagvolumen mit hoher Frequenz in ein arterielles System getrieben, das durch geringe Gefäßverzweigung, hohen Elastizitätsmodul und - Koeffizienten des Windkessels und durch einen großen peripheren Strömungswiderstand gekennzeichnet ist. Im Laufe des ersten Lebensjahres ist durch das starke Wachstum und die Vergrößerung des Herz- Gefäßsystems eine langsam zunehmende Lockerung der Kreislaufzentralisation zu verzeichnen (4). Das Schlagvolumen nimmt zu, die Pulsfrequenz, der elastische und periphere Widerstand nehmen ab. Der weiteren Lockerung der Zentralisation im Kleinkindes- und Schulalter folgt die physiologische Entspannung des Kreislaufes während der Pubertätszeit. Dabei wird der arterielle Mitteldruck annähernd konstant gehalten.

Die vorliegende Arbeit machte es sich zur Aufgabe,

1. das Ausmaß der Orthostase während der kindlichen Entwicklung, im Säuglingsalter, Kleinkindes- und Schulalter bis zur Pubertät in seinem Einfluß auf das Elektrokardiogramm zu untersuchen.
2. Dabei wurden besonders die Häufigkeit, das Ausmaß und der zeitliche Aspekt der Elektrokardiogramm-Veränderungen berücksichtigt.
3. Ferner wurde untersucht, in welcher Form sich das „ Steh-Elektrokardiogramm " bei allgemein vegetativ-labilen Kindern mit orthostatischen Kreislaufstörungen von dem gesunder Kinder gleichen Alters unterscheidet.

3. UNTERSUCHUNGSGUT UND METHODE

Die Elektrokardiogramme wurden grundsätzlich von gesunden Kindern abgeleitet. Nur unter den Schulkindern befand sich außer den gesunden eine weitere Gruppe, die Zeichen einer vegetativen Labilität aufwiesen und Symptome wie Müdigkeit, morgendliche Kopfschmerzen, Schwindelgefühl, starkes Schwitzen, verstärkter Dermographismus u. Ohnmachtsanfälle bei längerem Stehen zeigten (Gruppe F 2). Die meisten Probanden lagen wegen verschiedener Krankheiten in der Marburger Universitätskinderklinik. Die Untersuchungen wurden kurz vor ihrer Entlassung vorgenommen. Patienten mit organischen Herzfehlern und Rekonvalescente, die infektiöse Erkrankungen durchgemacht hatten, wurden ausgeschlossen. Die Kinder mit allgemeiner vegetativer Labilität kamen aus der hiesigen Poliklinik. Insgesamt untersuchten wir 14o Kinder, die nach folgenden Altersgruppen eingeteilt wurden:

Gruppe A :	Frühgeborene (1.-3o.Tag)	Anzahl	n = 20
Gruppe B :	reife Neugeborene (1.-3o.Tag)	"	n = 20
Gruppe C :	reife Säuglinge (2.-4.Monat)	"	n = 20
Gruppe D :	reife Säuglinge (5.-12.Monat)	"	n = 20
Gruppe E :	Kleinkinder (2.-5. Jahr)	"	n = 20
Gruppe F1:	gesunde Schulkinder (6.-14.Jahr)	"	n = 20
Gruppe F2:	kranke Schulkinder (6.-14.Jahr)	"	n = 20

Die Kinder der Gruppen A bis E wurden auf einem Kipptisch festgeschnallt. Nachdem sie sich beruhigt hatten, leiteten wir zunächst in horizontaler Lage ein Elektrokardiogramm ab. Danach wurde der Tisch um nahezu neunzig Grad gekippt (Abb. 1a und 1b) und weitere Elektrokardiogramme sofort, nach 1, 3, 5, 7, 1o und 15 Minuten geschrieben. Anschließend kam der Kipptisch wieder in die horizontale Ausgangslage zurück, und wir leiteten zum Schluß noch einmal ein Elektrokardiogramm ab.

Abb. 1a

Abb. 1b

Die 20 kranken Schulkinder mit vegetativer Labilität und orthostatischen Kreislaufstörungen in der Gruppe F 2 sowie 10 der gesunden Schulkinder der Gruppe F 1 erfuhren die Kreislaufbelastung statt durch den Kipptischversuch durch Aufrechtstehen für die Dauer von ebenfalls 15 Minuten. Bei den übrigen 10 gesunden Schulkindern der Gruppe F 1 wurde sowohl der Steh- als auch der Kipptischversuch angewandt. Bei diesem unterschiedlichen Vorgehen ist zu berücksichtigen, daß die Herz- Kreislaufbelastung beim Kipptischversuch größer ist als beim Stehversuch, da im letzteren Falle der Rückfluß des Blutes zum Herzen durch die Muskelkontraktionen der unteren Extremitäten gefördert wird. Beim Vergleich beider Orthostase-Elektrokardiogramme im Kipptisch- und Stehversuch sahen wir in allen Fällen immer die gleichen Abweichungen.

Die Elektrokardiogramme wurden mit dem Multicardiotest der Firma HELLIGE geschrieben. Für die Beurteilung wurden ausschließlich die Extremitätenableitungen verwendet und folgende Faktoren untersucht :

1. Verhalten der Pulsfrequenz
2. Verhalten des Rhythmus
3. Verhalten der P-Wellen
4. Achsenänderung von QRS- und T-Vektor
5. Verhalten der QT-Zeit
6. Verhalten der ST-Strecken
7. Verhalten der T-Wellen

C. ERGEBNISSE :

1.) Verhalten der Pulsfrequenz:

Die Tabelle 1 zeigt die Anzahl der Fälle mit Pulsfrequenzsteigerung und deren Ausmaß im Orthostaseversuch.

Gruppe	Frequenzsteigerung		Frequenz
	Anz.	Ausmaß in %	unverändert
A n = 20	11	15,2 ± 2,7	9
B n = 20	10	14,9 ± 2,3	10
C n = 20	10	10,7 ± 1,3	10
D n = 20	8	14,0 ± 2,0	12
E n = 20	15	14,6 ± 1,6	5
F_1 n = 20	15	20,9 ± 3,5	5
F_2 n = 20	17	43 ± 4,2	3

Tabelle 1

Verhalten der Pulsfrequenz beim Orthostaseversuch. Es wurden die jeweils stärksten Frequenzerhöhungen berücksichtigt, welche sich ausschließlich auf die Lageänderung zurückführen ließen. Die Frequenzwerte, die in Prozent der Ausgangsfrequenz angegeben werden, sind das Ergebnis der Mittelwerte und der Abweichungen von den Mittelwerten ($M \pm \sigma M$, bei Vergleich Gruppe F1/F2 ist $p<0,001$)

Wir fanden bei allen Gruppen der Säuglinge in etwa der Hälfte der untersuchten Fälle eine Pulsfrequenzsteigerung, bei den Klein- und Schulkindern in gut dreiviertel der untersuchten Fälle. Das Ausmaß der Pulsfrequenzerhöhung war mit 20,9 % der Ausgangsfrequenz bei den gesunden Schulkindern und mit 43,0 % bei den kranken Schulkindern gegenüber den Klein-

kindern und Säuglingen, die lediglich eine Steigerung der Pulsfrequenz zwischen 10,7 und 15,2 % aufwiesen, deutlich erhöht.

In den ersten drei Minuten war bei fast allen Fällen die Pulsfrequenz am deutlichsten erhöht, welche sich danach auf einen Frequenzbereich oberhalb der Ausgangsfrequenz einpendelte. Bei den älteren kranken Schulkindern fand sich dagegen fünfmal eine durchgehende Pulsfrequenzsteigerung mit einem Maximum zwischen der zehnten und fünfzehnten Minute.

2.) Verhalten des Rhythmus':

Von zwei Ausnahmen abgesehen beobachteten wir in keinem der Versuche eine Änderung des normalen Sinusrhythmus durch den Orthostase- Versuch. Die beiden Ausnahmen betrafen Frühgeborene. Sie zeigten Extrasystolen.

Fall 1 : Patient L. (weiblich), Krb.Nr.64661 , Geburtsgewicht 1.660 g, 25 Tage alt, normaler Verlauf der Schwangerschaft. Der Säugling lag zur Aufzucht in der Marburger Universitäts-Kinderklinik. Das Gewicht betrug kurz vor der Entlassung aus der stationären Behandlung 3.070 g.

Das Elektrokardiogramm in Abbildung 2 ist nach fünf Minuten Kippen aufgezeichnet. Es zeigt ventrikuläre Extrasystolen im Sinne eines Trigeminus, regelmäßig nach zwei normalen Herzschlägen folgt eine Extrasystole. Nach 7 und 10 Minuten Kippen sahen wir ebenfalls solche Extrasystolen.

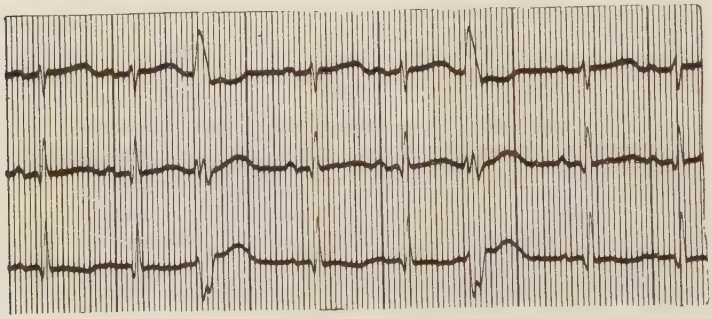


Abbildung 2

Ventrikuläre Extrasystolen eines Frühgeborenen beim Kipptisch-Versuch.

Fall 2 : Patient K. (männlicher Zwilling), Krb.Nr. 72164 Geburtsgewicht 1.490 g, 23 Tage alt, normaler Verlauf der Schwangerschaft. Der Patient lag zur Aufzucht in der Marburger Universitäts-Kinderklinik. Das Gewicht betrug kurz vor der Entlassung aus der stationären Behandlung 2.520 g.

Das Elektrokardiogramm in Abbildung 3 ist nach fünf Minuten Kippen aufgezeichnet. Es zeigt eine supraventrikuläre Extrasystole mit angedeuteter P- Zacke, verkürzter PQ- Zeit, normalem QRS- Komplex und kompensatorischer Pause. Wir sahen später unregelmäßig eingestreute Extrasystolen vom gleichen Typ.

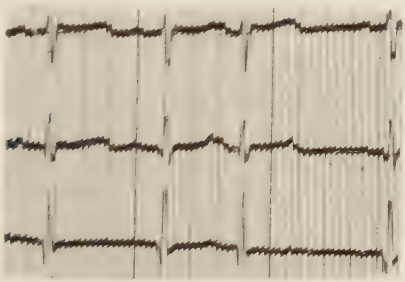


Abbildung 3

Supraventrikuläre Extrasystole eines Frühgeborenen beim Kipptisch-Versuch.

3.) Verhalten der P-Wellen :

Eine geringe P- Erhöhung in den Ableitungen II und III stellten wir vereinzelt bei den Gruppen C, D und E fest, häufiger jedoch erst bei den älteren Schulkindern. Bei den kranken Schulkindern der Gruppe F 2 waren die P- Zacken mit einer Erhöhung von durchschnittlich ($M \pm \sigma M$) 0,08 $\pm$ 0,003 Millivolt größer und spitzer als bei den gesunden Schulkindern der Gruppe F 1. Die P- Erhöhungen traten sofort beim Lagewechsel auf und blieben während des Versuches konstant.

Gruppe	$P_2 - P_3$ erhöht	$P_2 - P_3$ unverändert
A n = 20		20
B n = 20		20
C n = 20	1	19
D n = 20	4	16
E n = 20	2	18
F_1 n = 20	9	11
F_2 n = 20	14	6

Tabelle 2

Verhalten der P-Wellen in Ableitung $\overline{II}$ und $\overline{III}$ beim Orthostaseversuch.

Die Amplitudengröße der P-$\overline{II}$-P-$\overline{II}$-Wellen wurden bei den kranken Kindern der Gruppe F2 mit einem Zirkel abgegriffen, mit einem Millimetermaß ermittelt und unter Berücksichtigung der Eichzacken in Millivolt umgerechnet. Es wurden jeweils die größten Abweichungen berücksichtigt.Die Erhöhungen der P-$\overline{II}$ -P-$\overline{III}$- Wellen aller übrigen Gruppen waren so gering, daß sie mit der beschriebenen Methode nicht exakt ermittelt werden konnten.

4.) Änderung von QRS- und T- Vektor :

Die Hauptrichtungen des QRS- beziehungsweise T- Vektors bilden zusammen mit der Horizontalen im EINTHOVEN' schen Dreieck den Winkel α QRS beziehungsweise Winkel α T. Mit Hilfe dieser Winkel kann man exakt die Positionslage des Herzens sowie die Erregungsausbreitung und - rückbildung beurteilen.

Die Hauptrichtung des QRS- Vektors bildet mit der Hauptrichtung des T- Vektors den Differenzwinkel. Normalerweise ist er, außer bei Neugeborenen und jungen Säuglingen (bei unseren Untersuchungen bis zum 30. Lebenstag) nicht größer als 60 Grad. Ein Größerwerden des Differenzwinkels über 60 Grad ist pathologisch und unter anderem Zeichen einer vegetativen Dysregulation (22).

Bei Orthostaseversuchen war nach den Angaben des Schrifttums mit einer Änderung der elektrischen Herzachse zu rechnen. Es erfolgte im allgemeinen eine Drehung der elektrischen Herzachse nach rechts (im Uhrzeigersinn). Diese Beobachtungen stützten sich auf Verhältnisse bei Erwachsenen und älteren Schulkindern, bei denen in horizontaler Lage ein Steil-,Mittel- oder Linkstyp zu erwarten war. Bei den Untersuchungen an unseren Schulkindern konnten wir diese Beobachtungen teilweise bestätigen.

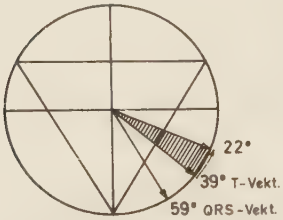
Gruppe	∢∠ QRS	Abweichung +	Abweichung -	∢∠ T	Abweich -
A n = 20	104 ± 8	6 ± 1,5		32 ± 2,2	5 ± 1,8
B n = 20	104 ± 5,8	6 ± 1,7		34 ± 3	14 ± 3
C n = 20	70 ± 7,2	± 0		31 ± 1,8	13 ± 2,7
D n = 20	52 ± 5		7 ± 2,3	30 ± 2,8	15 ± 1,9
E n = 20	56 ± 5,4		9 ± 1,1	37 ± 2,5	18 ± 2,0
F_1 n = 20	59 ± 6,2	± 0		39 ± 3,2	17 ± 4,8
F_2 n = 20	60 ± 5	12 ± 2		35 ± 35	38 ± 5,2

Tabelle 3

Ausgangswinkel∝ QRS und∝ T in Grad im Liegen mit den Abweichungen in Grad nach rechts (+) = Zunahme und nach links (-) = Abnahme bei den verschiedenen Altersgruppen während des Orthostaseversuches (Berechnung: $M \pm \sigma M$).

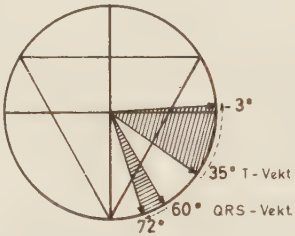
Während bei den gesunden Schulkindern, bei denen ein Übergang vom Mittel- zum Steiltyp vorlag, die elektrische Herzachse während des Orthostaseversuches ihre Richtung beibehielt,wich sie bei den kranken um durchschnittlich 12 Grad nach rechts ab ($p < 0{,}001$). Ein ähnliches Verhalten sahen wir bei den Frühgeborenen und Neugeborenen der Gruppen A und B, bei denen ein Rechtstyp vorlag. Die Abweichung der QRS- Achse betrug durchschnittlich bei beiden Gruppen 6 Grad nach rechts. Die Säuglinge im 2.- 4. Lebensmonat der Gruppe C zeigten im Ruhe- Elektrokardiogramm in horizontaler Lage einen Steiltyp, die elektrische Herzachse veränderte sich beim Orthostaseversuch im Durchschnitt nicht, wir sahen sowohl Links- als auch Rechtsabweichungen zwischen 7 und 9 Grad(bei Vergleich Gruppe B/C ist $p < 0{,}01$)

Lediglich bei den älteren Säuglingen der Gruppe D und den Kleinkindern der Gruppe E, bei denen wir einen Mitteltyp fanden, wich der QRS-Vektor fast ausnahmslos nach links ab und zwar um durchschnittlich 7 bzw. 9 Grad(bei Vergleich Gruppe C/D ist p= 0,05).
Der T - Vektor drehte ausnahmslos nach links, bei den Frühgeborenen um durchschnittlich 5, bei den übrigen Gruppen zwischen 13 und 38 Grad. Bei den kranken Schulkindern der Gruppe F 2 fanden wir die größte Linksabweichung. Da gleichzeitig eine Rechtsabweichung des QRS-Vektors um 12 Grad nach rechts bestand, vergrößerte sich der Differenzwinkel zwischen QRS- und T-Vektor über 60 auf 75 Grad.



größter Differenzwinkel = 37°

Abb. 4a



größter Differenzwinkel = 75°

Abb. 4b

Änderung des QRS- und T-Vektors bei gesunden (a) und kranken (b) Schulkindern, aufgezeichnet im Einthoven'schen Dreieck mit Angaben der jeweils größten Differenzwinkel(bei Vergleich der T-Abweichungen Gruppe F1/F2 ist P< 0,01).

5.) Verhalten der QT-Zeit :
Es ist bekannt, daß mit der Pulsfrequenzerhöhung die QT-Zeit, die der elektrischen Systole entspricht, sich bei einem gesunden Herzen absolut verkleinert. Da die QT-Zeit frequenzabhängig ist, mußten wir nun die korrigierte QT-Zeit (QTc) verwenden. Sie wurde errechnet nach der Formel :

$$QTc = \frac{Q\,T}{\sqrt{R - R}\ *}$$

Als oberen Normbereich für den Zeitwert für QTc wird im allgemeinen der Wert von 0,415 Sekunden angegeben.

* Abstand zweier R - Zacken

Gruppe	QT-Verkürzung		$QT_c > 0{,}415$	
	Anz.	Sekunden	Anz.	Sekunden
A n = 20	13	0,02 ± 0,002	2	0,425
B n = 20	13	0,021 ± 0,002		
C n = 20	5	0,029 ± 0,005	2	0,421 - 0,435
D n = 20	6	0,019 ± 0,002		
E n = 20	5	0,019 ± 0,001	6	0,420 - 0,431
F_1 n = 20	14	0,021 ± 0,002	3	0,421 - 0,455
F_2 n = 20	16	0,037 ± 0,002	6	0,420 - 0,452

Tabb. 4

Anzahl und Ausmaß der QT- Verkürzungen und der QTc- Werte über o,415 in Sekunden während des Orthostase- Versuches (Berechnung: $M \pm \sigma M$).

Wir fanden bei allen Gruppen absolute QT- Verkürzungen beim Orthostase- Versuch und zwar in annähernd gleichem Ausmaß von o,o19 - o,o21 Sekunden. Bei den kranken Schulkindern, die auch eine höhere Pulsbeschleunigung aufwiesen, war die QT- Zeit mit o,o37 Sekunden am deutlichsten verkürzt(bei Vergleich Gruppe F1/F2 ist $p < 0{,}001$).
Eine relative QT- Verlängerung, welche die Grenze zum Pathologischen überschreitet, wurde nur selten und meist temporär beobachtet. Säuglinge zeigten gegenüber Klein- und Schulkindern ausgesprochen selten eine QTc- Verlängerung über o,415 Sekunden.

6.) Verhalten der ST- Strecken :

Bei gesunden Kindern aller Altersgruppen fanden wir die ST-Strecken in der Regel unverändert. Nur in seltenen Ausnahmen kam es zu ST- Senkungen. Bei Säuglingen im 1. Monat und Kleinkindern sahen wir je einmal eine ST- III- Senkung von o,1 Millivolt. Nur bei den kranken Schulkindern registrierten wir in 5 Fällen eine ST-III- Senkung bei gleichzeitiger Erniedrigung der Mittelstrecke in Ableitung II. Auch hier betrug das Ausmaß o,1 Millivolt. ST- Senkungen wurden ferner nur in den Ableitungen gefunden, die schon im Ruhe- Elektrokardiogramm im Liegen einen tiefen Abgang der Mittelstrecke aufwiesen. Die ST-Senkungen traten sofort beim Lagewechsel auf und blieben während des Versuches bestehen.

Gruppe	ST III gesenkt	ST II-III gesenkt	ST II-III unverändert
A n = 20			20
B n = 20	1		19
C n = 20			20
D n = 20			20
E n = 20	1		19
F_1 n = 20			20
F_2 n = 20		5	15

Tabb. 5

Häufigkeit von ST- Senkungen bei den verschiedenen Altersgruppen beim Orthostase- Versuch.

7.) Verhalten der T- Wellen :

Die häufigsten elektrokardiographischen Veränderungen beim Orthostase- Versuch bestanden in T- Wellenabflachungen und T- Inversionen, sie fanden sich hauptsächlich in Ableitung III und oft auch gleichzeitig in Ableitung II. Die Amplitude von T in Ableitung I nahm dagegen häufig zu, in seltenen Fällen ab.

Gruppe A

Bei den Frühgeborenen im 1. Lebensmonat sahen wir von 2o untersuchten Fällen dreimal eine T-III- Abflachung und einmal eine T-III- Inversion. In einem Fall war bei gleichzeitiger T-III- Inversion die T- Welle in Ableitung II abgeflacht. T-I verhielt sich spiegelbildlich zu T- II und T - III. Die Abweichungen waren in Ableitung III am größten, das Ausmaß betrug o,o9 ± o,o16Millivolt. Ein Beispiel zeigt der Fall 3.

Fall 3 : Patient M. L. Krb.Nr. 51764 , das Geburtsgewicht betrug 2.13o g, die Schwangerschaft und die Geburt waren komplikationslos. Wegen einer Pylorusstenose wurde der Patient mit gutem Erfolg operiert.

Alle Elektrokardiogramme wurden kurz vor der Entlassung aus klinischer Behandlung aufgezeichnet.

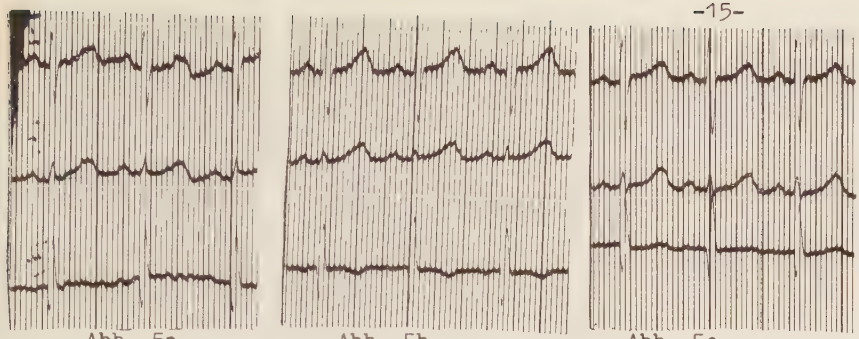


Abb. 5a
im Liegen

Abb. 5b
nach 1 1/2 Minuten Kippen

Abb. 5c
nach 13 Minuten Kippen

Zu Beginn des Versuches sind die T- Wellen in Ableitung I und II positiv, in Ableitung III isoelektrisch. Beim Lagewechsel vergrößert sich T-I, T-III wird negativ, während die Amplitude der T-Welle in Ableitung II unverändert bleibt. Nach 13 Minuten Kippen nimmt T-I wieder ab, während die T-Wellen in Ableitung II und III größer werden. Die T-Wellen sind in allen Ableitungen deutlich sichtbaren Schwankungen ausgesetzt, wobei sich T-I spiegelbildlich zu T-II und T-III verhält.

Gruppe B

Bei den reifen Neugeborenen im 1. Lebensmonat fanden wir von 20 untersuchten Fällen viermal eine T- Amplitudenabflachung in Ableitung III und neunmal eine T-III- Inversion bei gleichzeitiger T-II- Abflachung. T-I verhielt sich häufig spiegelbildlich zu T-II und T-III. Die Abweichungen waren in Ableitung III am größten und betrugen im Durchschnitt ($M \pm \sigma M$) 0,13 ± 0,010 Millivolt.

Fall 4 : Patient H.R., Krb.Nr.37664,41 Tage , das Geburtsgewicht betrug 3.320 g, Schwangerschaft und Geburt waren komplikationslos. Wegen einer Hyperbilirubinaemie von max. 15 mg% wurde der Säugling stationär aufgenommen. Es erfolgte spontaner Rückgang des Bilirubinwertes.

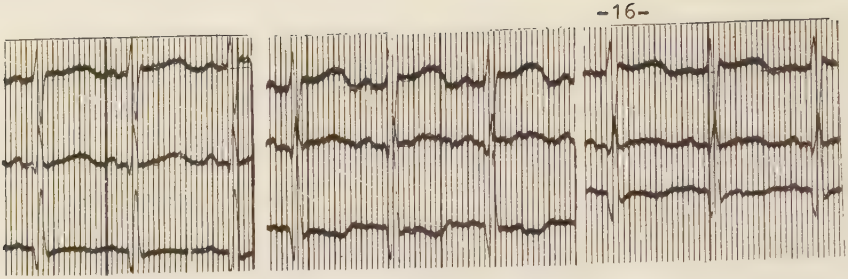


Abb. 6a
im Liegen

Abb. 6b
nach 5 Minuten Kippen

Abb. 6c
nach 15 Minuten Kippen

EKG: Das Ausgangs- Elektrokardiogramm weist positive T-Wellen in Ableitung I und II auf. T-III ist isoelektrisch. Sofort nach dem Lagewechsel flacht T in Ableitung II ab, T-III wird negativ. T-I verhält sich spiegelbildlich zu T-II und T-III. Nach 15 Minuten Kippen ist das Ausgangs-Elektrokardiogramm annähernd wieder erreicht.

Gruppe C

Bei den reifen Säuglingen im 2. bis 4. Monat sahen wir von 2o untersuchten Fällen einmal eine T-Amplitudenabflachung in Ableitung III und dreimal eine T-III- Inversion. In 7 Fällen war gleichzeitig mit der T-III- Inversion die T-Welle in Ableitung II abgeflacht. T-I verhielt sich häufig spiegelbildlich zu T-II und T-III. Die Abweichungen waren in Ableitung III mit durchschnittlich o,13 $\pm$ o,o17 Millivolt am größten. Ein typisches Beispiel stellt der Fall 5 dar.

Fall 5: Patient K.M., Krb.Nr. 43164 , Geburtsgewicht 3.25o g, 2 Monate alt, Schwangerschaft und Geburtsverlauf komplikationslos. Der Patient wurde an einer Pylorusstenose erfolgreich operiert.

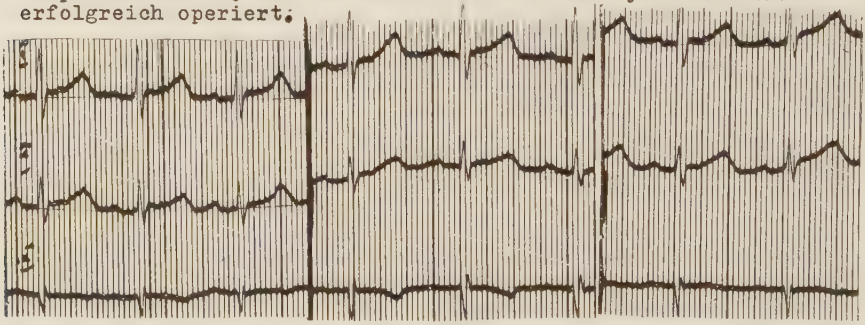


Abb. 7a
im Liegen

Abb. 7b
nach 1 Minute Kippen

Abb. 7c
nach 3 Minuten Kippen

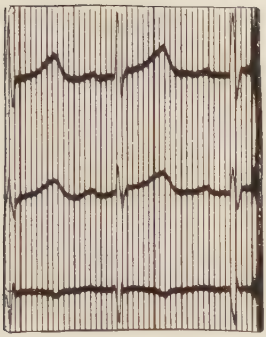


Abb. 7d
nach 13 Minuten Kippen

EKG: Im Ausgangs- Elektrokardiogramm ist die T- Welle in Ableitung III nahezu isoelektrisch. Nach 1 Minute Kippen wird T-III negativ, T-II flacht gleichzeitig leicht ab, während T in Ableitung I gering an Amplitude zunimmt. Nach 3 Minuten ist das Ausgangs-Elektrokardiogramm wieder erreicht, nach 13 Minuten tritt jedoch erneut eine T-III- Inversion ein.

Gruppe D

Bei den reifen Säuglingen im 5. bis 12. Lebensmonat fanden wir von 2o untersuchten Fällen dreimal eine T-Amplitudenabflachung in Ableitung III und fünfmal eine T-Inversion. In 7 Fällen war bei gleichzeitiger T-III- Inversion die T- Welle in Ableitung II abgeflacht. T-I verhielt sich häufig spiegelbildlich zu T-II und T-III. Die Abweichungen waren in der Ableitung III mit durchschnittlich o,16 ± o,o16 Millivolt am größten.

Fall 6: Patient L.A. Krb.Nr. 50464 , Geburtsgewicht 3.o5o g, 6 Monate und 27 Tage alt, Schwangerschaft und Geburtsverlauf komplikationslos. Der Patient lag wegen Verdacht auf Cöliakie stationär. Es bestanden keine Zeichen einer Exsikkose. Das Herz- und Kreislaufsystem war intakt.

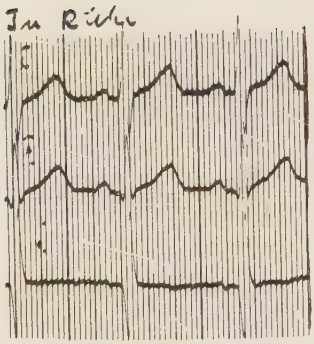


Abb. 8a
im Liegen

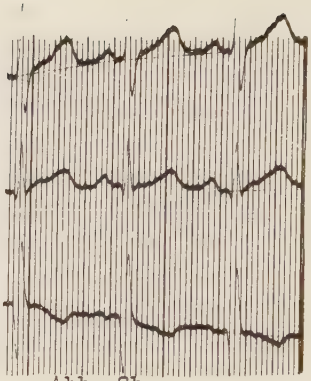


Abb. 8b
sofort nach Kippen

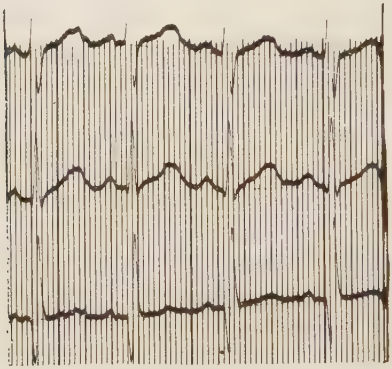


Abb. 8 c
nach 1o Minuten Kippen

EKG: T-III ist sofort nach dem Kippen deutlich negativ geworden. T-II flacht gleichfalls mit ab. Nach 5 Minuten ist das Ausgangs- Elektrokardiogramm wieder erreicht, nach 1o Minuten sehen wir sogar positive T- Wellen in Ableitung III. T-I verhält sich spiegelbildlich zu T-II und T-III.

Gruppe E

Bei den Kleinkindern im 2. bis 5. Lebensjahr sahen wir von 2o untersuchten Fällen je fünfmal eine Abflachung beziehungsweise Inversion der T- Welle in Ableitung III. Siebenmal war bei gleichzeitiger T-III- Inversion die T- Amplitude in Ableitung II abgeflacht. T-I verhält sich in einigen Fällen

spiegelbildlich zu T-II und T-III. Die Abweichungen waren in Ableitung III mit durchschnittlich o,17 ± o,o26 Millivolt am größten.

Fall 7 : Patient D.P. Krb.Nr. 116964 , 2 3/12 Jahre alt. Die Patientin kam wegen Verdacht auf Commotio cerebri nach einem kleinen Unfall zur stationären Aufnahme. Die neurologische und klinische Untersuchung sowie das Elektroenzephalogramm ergaben keinerlei pathologische Befunde.

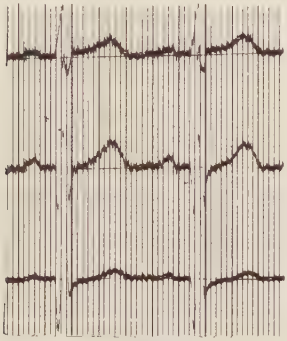


Abb. 9a
im Liegen

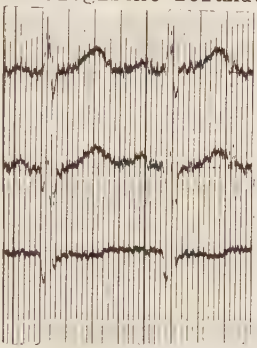


Abb. 9b
sofort nach Kippen

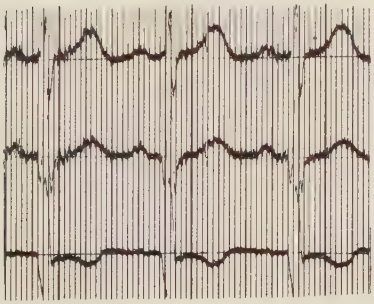


Abb. 9c
nach 1o Minuten Kippen

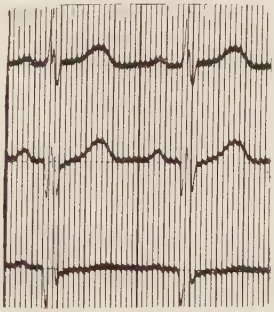


Abb. 9d
sofort nach Rückkehr in die horizontale Ausgangslage

EKG: Sofort nach dem Kippen ist T in Ableitung III negativ geworden, nach 1o Minuten ist das Maximum dieser Abweichung erreicht. T-II flacht gleichzeitig mit ab, während die T- Amplitude in Ableitung I größer wird. Gleich nach dem Hinlegen in die horizontale Ausgangslage ist das Ausgangs- Elektrokardiogramm annähernd wieder erreicht.

Gruppe F 1

Bei den gesunden Schulkindern im 6. bis 14. Lebensjahr fanden wir von 2o untersuchten Fällen viermal eine T-Wellenabflachung in Ableitung III und zweimal eine T- Inversion. 7 Kinder zeigten im Orthostase-Elektrokardiogramm eine T-II-Abflachung bei gleichzeitiger Inversion der T- Welle in Ableitung III, bei 2 Kindern bestanden eine T-I- T-II- Abflachung bei gleichzeitiger T-III- Inversion. Eine Erhöhung der T-Wellen wurde in keiner Ableitung beobachtet. Die Abweichungen waren in Ableitung III am größten, das Ausmaß betrug durchschnittlich o,14 ± o,o16 Millivolt.

Fall 8 : Patient T.P. Krb.Nr. 66364 , 7 3/12 Jahre alt. Der Patient wurde wegen einer Makrohämaturie unbekannter Ursache stationär aufgenommen. Eine Provokation der Hämaturie konnte im Kipptisch- Versuch nicht hervorgerufen werden. Sämtliche Nierenbefunde waren unauffällig.

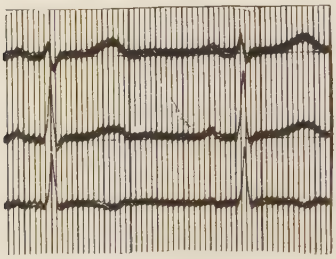


Abb. 1oa
im Liegen

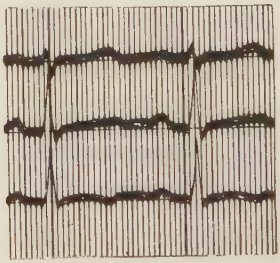


Abb. 1ob
sofort nach Aufstehen

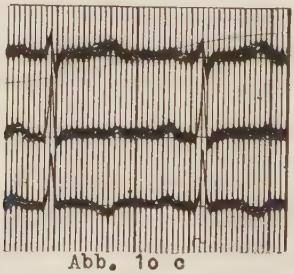


Abb. 1o c
nach 7 Minuten Stehen

EKG: Das Ausganga-Elektrokardiogramm zeigt gut ausgebildete T- Wellen in Ableitung I und II, T-III ist biphasisch. Sofort nach dem Hinstellen sind T-I leicht, T-II deutlich abgeflacht, nach 7 Minuten ist T-III stärker negativ geworden.

Diese Veränderungen bleiben bis zum Ende des Versuches konstant. Unmittelbar nach dem Hinlegen ist das Ausgangs-Elektrokardiogramm wieder erreicht.

Gruppe F 2

Bei den Schulkindern im 6. bis 14. Lebensjahr mit orthostatischen Kreislaufstörungen und Zeichen einer allgemeinen vegetativen Labilität fanden wir von 20 untersuchten Fällen einmal eine Abflachung der T-Welle in Ableitung III und neunmal in Ableitung II bei gleichzeitiger T-III-Inversion. Bei weiteren Fällen war die T-Welle in Ableitung I abgeflacht bei gleichzeitiger T-II- T-III- Inversion (5 Fälle) und gleichzeitiger T-II- Abflachung und T-III- Inversion (4 Fälle). Eine Vergrößerung der T- Amplitude wurde in keinem Fall beobachtet. Die Abweichungen waren in Ableitung III am größten und betrugen im Durchschnitt 0,18 ± 0,013 Millivolt. Charakteristische Beispiele zeigen die drei folgenden Fälle.

Fall 9 : Patientin B.H., Krb.Nr.52464 , 11 Jahre alt. Das Mädchen war von asthenischem Typ und zeigte deutliche Symptome einer allgemeinen vegetativen Labilität wie Müdigkeit, Abgeschlagenheit, Schwindel, Herzstiche und Ohnmachtsanfälle.

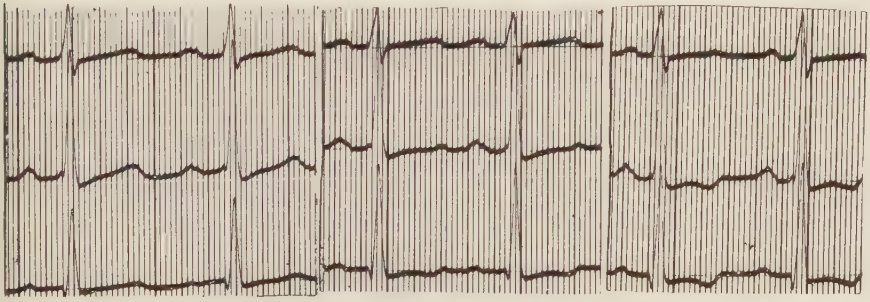


Abb. 11a im Liegen

Abb. 11b sofort nach Aufstehen

Abb. 11c nach 10 Minuten Stehen

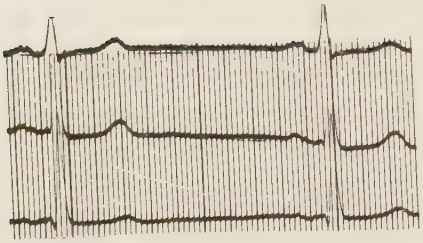


Abb. 11 d
im Sitzen (Praekollaps nach
14 Minuten Stehen)

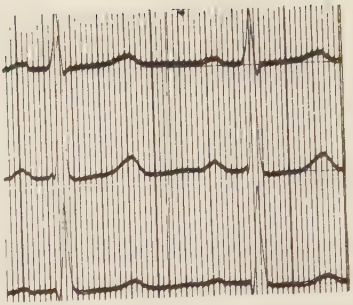


Abb. 11 e
nach Hinlegen

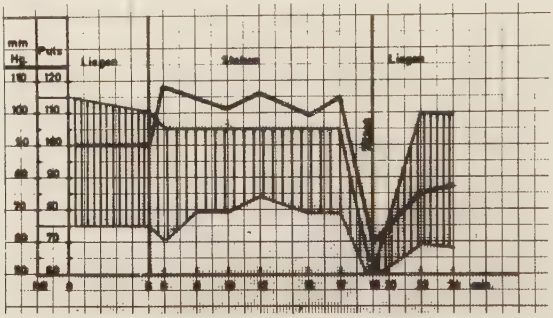


Abb. 12
zugehörige Blutdruck- und Pulsfrequenz- Kurve

EKG: Das Ruhe- Elektrokardiogramm zeigt in allen 3 Ableitungen positive T- Wellen. Die ST- Strecken sind in Ableitung II und III, ausgehend von einem tiefen Abgang, nach oben gerichtet. Sofort nach dem Aufstehen flachen T- I und T-II ab. T-III wird negativ. Bereits nach 3 Minuten Stehen sind die T- Veränderungen am deutlichsten ausgeprägt und bleiben dann konstant bestehen. Die St- Strecken sind jetzt deutlich unter die isoelektrische gesenkt. Das nach 14-minütigem Stehen im Sitzen angefertigte EKG zeigt eine deutlich ausgeprägte Sinusbradykardie bei isoelektrischen ST-Strecken und positiven T- Wellen in allen 3 Ableitungen.

Schellong-Test: Die gleichzeitig mit dem Elektrokardiogramm aufgeschriebenen Blutdruck- und Pulsfrequenz-Kurven zeigen zunächst völlig normale Werte, erst nach 14-minütigem Stehen fallen Blutdruck und Pulsfrequenz schlagartig ab.

Den Abbildungen 11a - e und 12 ist zu entnehmen, daß keine unmittelbare Beziehung zwischen den Elektrokardiogramm-Abweichungen und dem Verhalten des Blutdrucks und der Pulsfrequenz bestehen. Während im Elektrokardiogramm schon zu Anfang des Versuchs die pathologischen Abweichungen zu erkennen sind, befinden sich Blutdruck und Pulsfrequenz noch im Normalbereich.

Fall 10 : Patientin R.J., Krb.Nr. 83664 , 13 Jahre altes Mädchen mit morgendlichen Kopfschmerzen, Ermüdungserscheinungen und Schwindelgefühlen. Ferner bestand eine Kollapsneigung bei längerem Stehen.

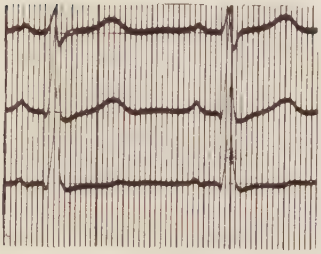


Abb. 13a
im Liegen

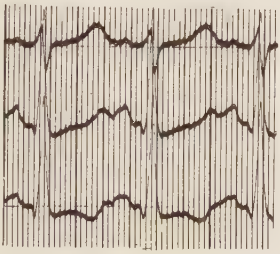


Abb. 13b
sofort nach Aufstehen

Abb. 13c
nach 3 Minuten Stehen

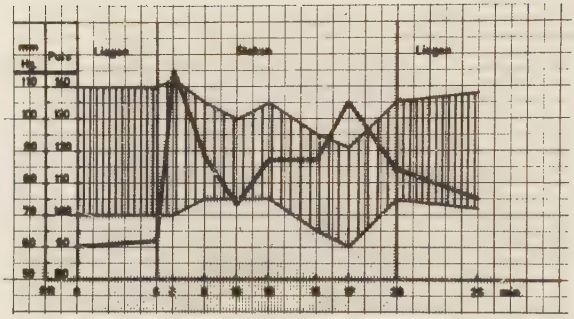


Abb. 14
zugehörige Blutdruck- und Pulsfrequenz-Kurve

EKG: Im Ruhe-Elektrokardiogramm sehen wir gut ausgebildete T-Wellen in Ableitung I und II, T-III ist biphasisch. Die ST-Strecken in Ableitung II und III sind, ausgehend von einem tiefen Abgang, nach oben gerichtet. Sofort nach dem Aufstehen finden wir eine deutliche Steigerung der Pulsfrequenz, T-II flacht ab, T-III wird negativ, die ST-Strecken senken sich in Ableitung II und III unter die Isoelektrische. P II und P III sind deutlich erhöht. Nach 3 Minuten Stehen sind die Abweichungen am deutlichsten ausgeprägt, die T-Welle in Ableitung II ist jetzt biphasisch geworden. Bis zum Ende des Versuchs bleiben diese Veränderungen konstant bestehen.

Schellong-Test: Wir sehen eine erhebliche Steigerung der Pulsfrequenz mit einem Gipfel am Anfang und gegen Ende des Versuches, der Blutdruck sinkt leicht bei annähernd gleicher Amplitude.

Auch aus den Abbildungen 13a - c und 14 ist ersichtlich, daß keine unmittelbaren Beziehungen zwischen den Abweichungen im Orthostase-Elektrokardiogramm und Blutdruck- und Pulsfrequenzverhalten bestehen.

Während bei den gesunden Kindern die Abweichungen im Orthostase-Elektrokardiogramm sofort verschwanden, wenn die horizontale Ausgangslage wieder eingenommen wurde, ergab sich bei der Gruppe der kreislauflabilen Schulkinder der Gruppe F 2 in einem Fall eine deutlich verzögerte Rückbildung im Bereiche der Endschwankungen.

Fall 11: Patient St. H,U. Krb. Nr. 55 164 , 12 Jahre alter Junge mit 7 kg Übergewicht.Zeichen einer allgemeinen vegetativen Labilität mit häufigem Schwindel und Brechreiz, feuchte Extremitäten,verstärkter Dermographismus. Bei längerem Stehen bestanden Herzklopfen und Kollapsneigung.

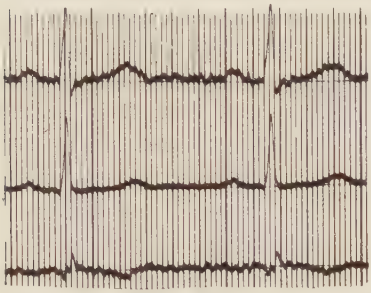


Abb. 15a
im Liegen

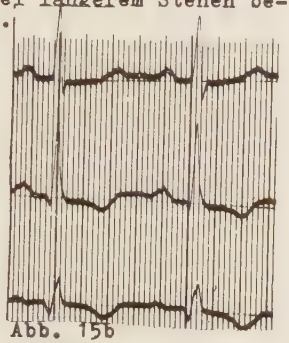


Abb. 15b
nach 12 Minuten Stehen

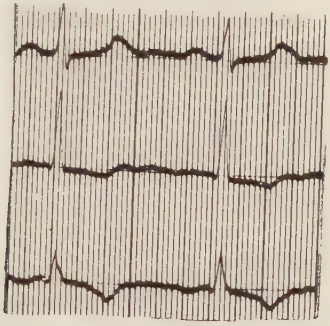


Abb. 15c
11/2 Minuten nach Hinlegen

EKG: Im Ruhe- Elektrokardiogramm finden wir in Ableitung $\overline{I}$ und $\overline{II}$ positive T- Wellen. T- $\overline{III}$ ist leicht negativ. Im Orthostase- Elektrokardiogramm finden wir eine abgeflachte T- Welle in Ableitung $\overline{I}$ und deutlich negative T- Wellen in Ableitung $\overline{II}$ und $\overline{III}$ bei geringer Senkung der Mittelstrecken in Ableitung $\overline{II}$ und $\overline{III}$ .11/2 Minuten nach Versuchsende sind noch immer deutliche Abweichungen der Endschwankungen in den Ableitungen $\overline{II}$ und $\overline{III}$ bei geringer Senkung der Mittelstrecke unter die Isoelektrische zu beobachten. Diese Veränderungen bilden sich erst im Laufe der folgenden 5 Minuten zurück.

In der Tabelle 6 sind noch einmal die Art der T- Wellenänderungen in den drei Extremitätenableitungen, ihr Ausmaß in Ableitung $\overline{III}$ und ihre Häufigkeit bei den einzelnen Altersgruppen während des Orthostaseversuches aufgezeichnet.

Art der EKG Veränderungen	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C	Gruppe D	Gruppe E	Gruppe F_1	Gruppe F_2
T_3 Abflachung	3	4	1	3	5	4	1
T_3 Inversion	1		3	5	5	2	
T_2 Abflachung T_3 Inversion	1	9	7	7	7	7	9
T_1 Abflachung T_2 T_3 Inversion						2	4
T_1 Abflachung T_2 T_3 Inversion							5
Ausmaß der T_3 Abflachung Inversion	0,09 ± 0,016	0,13 ± 0,010	0,13 ± 0,017	0,16 ± 0,016	0,17 ± 0,026	0,14 ± 0,016	0,18 ± 0,013

Tabelle 6

Ausmaß in Millivolt (Ableitung $\overline{III}$) und Häufigkeit der T- Wellen-Veränderungen bei den verschiedenen Altersgruppen während des Orthostaseversuches($M \pm \sigma M$, $p > 0,05$ bei Vergleich der Gruppen B bis F2).

Außer bei den Frühgeborenen im 1. Lebensjahr, bei denen die T- Abweichungen nur selten und schwach ausgeprägt waren, fanden wir bei den übrigen Altersgruppen annähernd gleiche Werte für Ausmaß und Häufigkeit der T- Wellen- Abweichungen, Abflachungen der T- Wellen in allen drei Ableitungen kamen lediglich bei den älteren Schulkindernvor, bei den kranken häufig verbunden mit T- Inversionen in Ableitung $\overline{II}$ und $\overline{III}$. Bei den Säuglingen und Kleinkindern verhielt sich dagegen T-$\overline{I}$ häufig spiegelbildlich zu T-$\overline{II}$ und T-$\overline{III}$.

Bei fast allen Fällen traten die T- Veränderungen sofort mit dem Lagewechsel auf (sofortiger Beginn). Lediglich 3 ältere Schulkinder reagierten mit einer „ Spätreaktion " nach 5 bis 1o Minuten. Auffallend war, daß die Abweichungen im Bereiche der Endschwankungen bei einigen Säuglingen deutlich wechselten („ **schwankend** "). Während die Säuglinge öfter als die Klein- und Schulkinder mit einer „ Anfangsreaktion " reagierten, fanden wir anhaltende T-Wellen-Abweichungen am häufigsten bei den Klein- und Schulkindern (anhaltend).

	sofortiger Beginn			Spät-
Gruppe	anhaltend	Anfangsreakt.	schwankend	reaktion
A n = 20	4	1		
B n = 20	6	5	2	
C n = 20	6	3	2	
D n = 20	8	4	3	
E n = 20	15	2		
F_1 n = 20	13	1		1
F_2 n = 20	16	1		2

Tabelle 7

Anzahl und zeitlicher Ablauf der T-III- Wellenänderungen (Abflachung und / oder Inversionen) bei den verschiedenen Altersgruppen während des Orthostase- Versuches.

BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

Die häufigsten Theorien für das Zustandekommen der Orthostase-Elektrokardiogramm-Veränderungen sind in der Einleitung schon erwähnt worden : Es wurden Lageveränderungen des Herzens um seine verschiedenen Achsen, sympatikotone Impulse und von einigen Autoren eine Hypoxie des Herzmuskels als Ursache angenommen.

BAY, GORDON und ADAMS (2) klemmten im Tierversuch die Hohlvenen ab und sahen im Elektrokardiogramm T-Inversionen und ST-Senkungen, welche sich langsam wieder zurückbildeten, nachdem das Passagehindernis beseitigt war. In diesem Fall lag also eindeutig eine Minderdurchblutung des Herzmuskels vor.

MESSEN (15) fand bei Kaninchen, die 2 Stunden in vertikaler Lage fixiert wurden, ST-Senkungen in Ableitung I und II und regelmäßig Herzmuskelnekrosen. Bei anderen Tierversuchen wurden ähnliche Ergebnisse erzielt. Auch hier mußte man eine Minderdurchblutung des Myokards annehmen. Es wäre allerdings verfehlt, solche Tierversuche auf den Menschen übertragen zu wollen, zumal die aufrechte Haltung beim Menschen physiologisch ist, bei Tieren nicht. Ferner berechtigt die Tatsache, daß eine Minderdurchblutung des Myokards ST-Senkungen und T-Inversionen hervorrufen kann, nicht zu dem Schluß, diese Aussage auch umzukehren.

Auch bei Menschen finden wir ST-Senkungen und T-Inversionen infolge Hypoxie des Herzmuskels bei Coronarinsuffizienz, -sklerose oder im Experiment (16), welche sich aber von den ST- T- Veränderungen im Orthostase-Versuch grundlegend unterscheiden. Im ersten Fall sind die ST-Senkungen muldenförmig oder gerade mit einem Auslauf in ein terminal-negatives T, hauptsächlich in den Ableitungen I und II. Im letzteren Falle sind die ST-Strecken von einem tiefen Abgang ausgehend aufwärts gerichtet, mit einem Auslauf in ein praeterminal- negatives T, hauptsächlich in den Ableitungen II und III.

Das Fehlen der Orthostase- Elektrokardiogramm-Veränderungen bei der sogenannten hypodynamen Kreislaufregulationsstörung (17,20) und die Tatsache, daß die Gehirn- und Herzmuskeldurchblutung durch die Kreislaufzentralisation beim Orthostase-Versuch nicht beeinträchtigt wird, lassen ebenfalls eine Hypoxie des Herzmuskels als Ursache für die Elektrokardiogramm-Abweichungen unwahrscheinlich erscheinen. Ferner fehlen auch immer die intensiven pectanginösen Schmerzen und Stiche in der Herzgegend.

Eher sind rein vegetativ- sympatische Impulse auf das Herz infolge der Kreislaufumstellung beim Lagewechsel anzunehmen. Diese Impulse scheinen weniger auf den Sinusknoten beziehungsweise die Überleitung vom Vorhof auf die Kammern einzuwirken als vielmehr auf die Phase der Erregungsrückbildung. Theoretisch ist vorstellbar, daß die Spitzenpartien des Myokards gegenüber den mehr basiswärts gelegenen Partien länger erregt bleiben oder daß sich umgekehrt die Erregung an der Basis des Herzmuskels schneller als normal zurückbildet.

Schließlich verdient beachtet zu werden, daß die Abweichungen im Orthostase- Elektrokardiogramm sofort auftraten und schlagartig verschwanden, wenn die Ausgangslage wieder erreicht war. Ferner konnten sich sogar während des Versuchs diese Abweichungen normalisieren, kurze Zeit später jedoch abermals auftreten. Häufig war die T- Amplitude in Ableitung III beim Wiederhinlegen am Ende des Versuches deutlich größer als im Liegen vor dem Versuch. Ferner konnten einige Autoren die ST- und T- Veränderungen durch sympatikolytische Mittel wieder aufheben (5 , 14). Alle diese Beobachtungen weisen darauf hin, daß die Abweichungen überwiegend funktioneller Natur sind.

Wir sahen bei allen Altersgruppen zahlreiche Veränderungen im Orthostase- Elektrokardiogramm, im Bereiche der Endschwankungen waren sie am deutlichsten und neben der Pulsfrequenzerhöhung und den T- beziehungsweise QRS- Vektorabweichungen auch am häufigsten ausgeprägt.

Die Abflachungen beziehungsweise Inversionen von T in Ableitung III waren bei allen Gruppen mit Ausnahme der Frühgeborenen an Anzahl und Ausmaß annähernd konstant. Das gleiche galt für die T- Wellen-Abflachung in Ableitung II bei gleichzeitiger T-III- Inversion. Während die T- Wellen in Ableitung I häufig bei den Säuglingen und in einigen Fällen bei den Kleinkindern sich spiegelbildlich zu T-II und T-III darstellten, fanden wir bei den älteren Schulkindern in einigen Fällen eine T-Abflachung in allen drei Ableitungen in keinem Fall jedoch eine Erhöhung der T-Welle in Ableitung I.

Bei den Säuglingen schwankte in einigen Fällen die Amplitude der T- Welle in Ableitung III während des Orthostase-Versuches erheblich, ferner fanden wir bei ihnen häufiger eine " Anfangsreaktion". Bei den Klein- und Schulkindern waren diese Veränderungen gleichmäßiger und anhaltender ausgeprägt. In seltenen Fällen fanden wir bei Schulkindern eine " Spätreaktion" nach 5 bis 1o Minuten.

Bei den meisten Probanden sahen wir im Orthostase-Elektrokardiogramm Abweichungen des QRS- Vektors um 6 bis 12 Grad nach rechts. Die Kinder vom 5. Lebensmonat bis zum 5. Lebensjahr reagierten dagegen mit einer Abweichung des QRS-Vektors zwischen 7 und 9 Grad nach links. Auch bei den Säuglingen der Gruppe C im 2. bis 4. Lebensmonat sahen wir bei mehreren Fällen eine Linksabweichung des QRS- Vektors. Vermutlich hängt dies neben funktionellen Faktoren und Drehung des Herzens um seine verschiedenen Achsen auch mit dem Wachstum des linken Ventrikels zusammen.

Die Frequenzsteigerung war bei den Klein- und Schulkindern häufiger ausgeprägt als bei den Säuglingen, das Ausmaß war bei den älteren Schulkindern am größten. Gleichzeitig fanden wir QTc - Werte über o,415 Sekunden bei den Säuglingen nur in seltenen Fällen, häufiger erst bei den Klein- und Schulkindern.

P- Erhöhungen in Ableitung II und III bestanden bei den Säuglingen und Kleinkindern in seltenen Fällen, wir fanden sie erst bei den älteren Schulkindern.

ST-Senkungen waren ausgesprochen selten und lediglich bei den älteren kranken Schulkindern in einem Viertel der untersuchten Fälle deutlich ausgeprägt. Sie waren von einem tiefen Abgang nach aufwärts gerichtet und nicht typisch für eine Hypoxie des Herzmuskels.

Lediglich 2 Frühgeborene reagierten mit einer Rhythmus-Änderung im Sinne von ventrikulären und supraventrikulären Extrasystolen.

Auf Grund dieser Beobachtungen scheint eine gewisse Korelation der Elektrokardiogramm-Veränderungen beim Orthostase-Versuch zum Entwicklungsgrad des Herz- Gefäßsystemes beim Säugling (physiologische Zentralisation, Wachstum des Myokards) und Kleinkind (Auflockerung der Zentralisation) einerseits und beim Schulkind (physiologische Entspannung) andererseits zu bestehen.

Ausgesprochen pathologische Steh- Elektrokardiogramme sahen wir ausschließlich bei den älteren Schulkindern in einem Viertel der untersuchten Fälle kurz vor oder während der Pubertät, bei denen gleichzeitig Zeichen einer allgemeinen vegetativen Labilität und orthostatische Kreislaufstörungen bestanden. Charakteristisch waren T- Inversionen in Ableitung II und III bei gleichzeitigen ST-II- ST-III - Senkungen. Nach HECK und STÖRMER (2o) und HOLZMANN (6) müssen solche Elektrokardiogramme als abnorm bezeichnet werden.

Der Differenzwinkel zwischen QRS- und T- Vektor, der außer bei Neugeborenen nicht mehr als 60 Grad beträgt, vergrößerte sich bei den kranken älteren Schulkindern auf durchschnittlich 75 Grad. V. UNGHVARY (22), MICHEL und REINFRIED (12) sahen hierin einen Anhalt für eine Rückbildungsstörung, welche gerade bei kreislaufgestörten, vegetativ- labilen Kindern vorkommen soll.

Wir können also annehmen, daß bei den kranken Kindern der Gruppe F 2 einerseits die vegetativ- sympatischen Impulse beim Orthostase-Versuch überschießen, welche auch an einer Pulsfrequenzerhöhung von 4o% des Ausgangswertes zu erkennen sind, daß andererseits das Reizleitungssystem auf die Kreislaufumstellung in sympatikotoner Richtung viel empfindlicher reagiert als bei gesunden Kindern.

ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, in welchem Maße sich die Orthostase auf das Elektrokardiogramm des Kindes im Laufe seiner Entwicklung auswirkt. Es wurden deshalb Orthostase-Elektrokardiogramme von Säuglingen und Kindern verschiedener Reifungs- und Altersstufen beim Kipptisch-Versuch und von gesunden und kreislauflabilen Schulkindern mit Zeichen einer allgemeinen vegetativen Dystonie beim Steh-Versuch abgeleitet. Um zu beurteilen, ob sich die Kreislaufumstellung beim Kipptisch-Versuch und beim Steh-Versuch in gleicher oder unterschiedlicher Weise auswirkt, ließen wir 1o gesunde Schulkinder zunächst 15 Minuten Stehen und nach einiger Zeit des Ausruhens Kippen. Bei allen Versuchen wurden Elektrokardiogramme in Ruhelage abgeleitet und nach dem Aufrichten, und zwar sofort, nach 1, 3, 5, 7, 1o , 15 Minuten und wieder im Liegen. Die aufgetretenen Elektrokardiogramm-Veränderungen während des Orthostase-Versuches wurden unter besonderer Berücksichtigung der Häufigkeit, des Ausmaßes und des zeitlichen Aspektes untersucht und folgendes festgestellt :

1. Die Orthostase- Elektrokardiogramme beim Kipptisch- Versuch und Steh-Versuch zeigten bei den untersuchten Schulkindern keine Unterschiede.

2. Als Orthostase- Effekt im Elektrokardiogramm wurden am häufigsten Abflachungen und Inversionen der T- Welle in Ableitung III gefunden. Sie waren mit Ausnahme der Frühgeborenen bei allen Gruppen nach Anzahl und Ausmaß (mV = Millivolt) annähernd konstant ($p > 0,05$):

		Anzahl	Ausmaß	
Gruppe A	(Frühgeborene im 1.-3o.Lebenstag)	5/20*	o,o9±o,o16	mV
Gruppe B	(reife Säuglinge im 1.-3o. Lebenstag)	13/20	o,13±o,o1o	mV
Gruppe C	(reife Säuglinge im 2.-5. Lebensmonat)	11/20	o,13±o,o17	mV
Gruppe D	(reife Säuglinge im 6.-12. Lebensmonat)	15/20	o,16±o,o16	mV
Gruppe E	(Kleinkinder im 2.-5. Lebensjahr)	17/20	o,17±o,o26	mV
Gruppe F 1	(gesunde Schulkinder im 6.-14.Lebensjahr)	15/20	o,14±o,o16	mV
Gruppe F 2	(vegetativ-labile Schulkinder mit orthostatischen Kreislaufstörungen im 6.-14.Lebensjahr)	19/20	o,18±o,o13	mV

* = 5 von 2o untersuchten Fällen zeigen T- Abflachungen/ Inversionen in Ableitung III.

Bei Säuglingen und Kleinkindern flachte sich die T-Welle in Ableitung II in fast allen Fällen mit ab, während in Ableitung I die Amplitude zunahm. Einige Säuglinge reagierten mit einer " Anfangsreaktion", bei anderen Säuglingen waren die Abweichungen der T- Wellen deutlichen Schwankungen ausgesetzt.

Die Schulkinder dagegen reagierten neben T-II - T-III-Abflachungen / Inversionen in einigen Fällen mit einer T-Abflachung aller drei Ableitungen. Eine Zunahme der T-Amplitude in Ableitung I wurde bei ihnen nicht beobachtet.

In seltenen Fällen sahen wir " Spätreaktionen ".
Die Abweichungen der T- Wellen waren bei den Klein- und Schulkindern gleichmäßiger und anhaltender ausgeprägt als bei den Säuglingen.

3. In den ersten 3 Minuten war die Pulsfrequenz bei den Säuglingen in etwa der Hälfte, bei den Klein- und Schulkindern in gut Dreiviertel der untersuchten Fälle deutlich erhöht, welche sich danach auf einen niedrigeren Frequenzbereich oberhalb der Ausgangsfrequenz einpendelte.
Die größte Pulsbeschleunigung betrug bei den Säuglingen und Kleinkindern durchschnittlich zwischen 1o,7 und 15,2% der jeweiligen Ausgangsfrequenz. Bei den gesunden Schulkindern fanden wir mit 2o,9 die größte Pulsfrequenzsteigerung.

4. Der QRS- Vektor wich im allgemeinen bis zu 12 Grad nach rechts ab. Von den Säuglingen ab 2. Lebensmonat bis zu den Kleinkindern im 5. Lebensjahr bestand häufig eine Linksabweichung zwischen 7 und 9 Grad (p= 0,05 bis 0,01).

Der T- Vektor drehte ausnahmslos nach links, bei den Frühgeborenen um 5 Grad, bei den übrigen Kindern annähernd gleich zwischen 13 und 18 Grad.

Die Vektor-Abweichungen waren während des Versuches annähernd konstant.

5. $P\underline{\underline{II}}$ - $P\underline{\underline{III}}$ Erhöhungen kamen hauptsächlich erst bei Schulkindern vor. Bei den kranken Schulkindern fanden wir sie größer und spitzer als bei den gesunden Schulkindern.
Die Veränderungen der Vorhofzacke traten sofort auf und waren während des Versuches annähernd konstant.

6. ST-Senkungen in Ableitung II und III sahen wir lediglich bei den kranken Schulkindern in einem Viertel der Fälle.
Sie traten sofort auf und blieben während des Versuches konstant.

7. Eine QTc- Verlängerung über o,415 Sekunden fanden wir selten, meist nur temporär und fast ausschließlich im Kleinkindes- und Schulalter.

8. Rhythmusstörungen im Sinne von ventrikulären und supraventrikulären Extrasystolen kamen ausnahmsweise bei Frühgeborenen im 1. Lebensmonat vor.

9. Ausgesprochen pathologische Elektrokardiogramme konnten wir lediglich bei den älteren, kreislauflabilen Schulkindern mit Zeichen einer allgemeinen vegetativen Labilität in einem Viertel der untersuchten Fälle ableiten.
Die charakteristischen Merkmale waren :

   a) Pulsfrequenzsteigerung von durchschnittlich 40 % der Ausgangsfrequenz ($p < 0{,}001$),

   b) Differenzwinkel zwischen QRS- und T- Vektor von 75 Grad bei einer Abweichung des T- Vektors um 38 Grad nach links ($p < 0{,}01$),

   c) Abflachung der T- Wellen aller drei Ableitungen,

   d) Inversionen der T- Welle in Ableitung $\underline{II}$ und $\underline{III}$,

   e) Senkungen der Mittelstrecken in Ableitung $\underline{II}$ und $\underline{III}$ unter die Nullinie,

   f) verzögerte Rückbildung der T- und ST- Veränderungen (in einem Fall).

10. Eine unmittelbare Beziehung der Elektrokardiogramm- Abweichungen zum Blutdruck- und Pulsfrequenzverhalten konnten wir bei gesunden und kreislauflabilen Schulkindern nicht finden.

11. Für die Elektrokardiogramm-Abweichungen sind ursächlich neben Lageveränderungen des Herzens überwiegend funktionelle Faktoren anzunehmen, die durch sympatische Einflüsse auf das Reizleitungssystem und das Myokard hervorgerufen werden.

LITERATUR

1 ÅKESSON, S " Untersuchungen über das Verhalten der Herzstromkurve beim Übergang vom Liegen zum Stehen ". Zschr. Klin.Med. 131, S. 687 (1937)

2 BAY, E., GORDON, W., ADAMS, W. " Electrocardiographie and blood-pressure changes in experimental pericardial effusion and occusion of the venae cavae ". Amer. heart. J. 8, S.525 (1933)

3 DENNIG, H. HAUSSER, S. SCHWOERER, J. " Über die orthostatischen Kreislaufregulationsstörungen ". D M W 81, S. 400 (1956)

4 GRASER, F. Handbuch der Kinderheilkunde. Springer-Verlag, Berlin, 7, S. 955 (1966)

5 HOFMANN, H. " Klinische Untersuchung über regulative Beziehungen des Kreislaufes zum EKG ". Dtsch. Ges. Kreislaufforsch. 25 (1959)

6 HOLZMANN, M. Klinische Elektrokardiographie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1952)

7 KIENLE, F. " Das Belastungs-EKG und das Steh-EKG ". Georg Thieme Verlag, Leipzig (1946)

8 LAURENTIUS, P. THIESEN, H. " Über die elektrokardiographische Diagnostik der orthostatischen Kreislaufstörungen im Extremitäten- und Brustwand-EKG ". Klin. Wschr. 30, S. 737 (1952)

9 MECHELKE, K.
FRIESE, G.
" Über die Ursache orthostatischer EKG-Veränderungen ".
Dtsch.Arch.klin.med. 200, S. 510 (1953)

10 MICHEL, D.
" Kritische Betrachtungen zur Ursache und Bedeutung des Steh-Elektrokardiogramm ".
Dtsch.Arch.klin.med. 201, S. 17 (1954/55)

11 MICHEL, D.
" Orthostatische Kreislaufbelastung und - insuffizienz ".
Internist 3, S. 516 (1962)

12 MICHEL, D.
REINFRIED, H.
" Zum Verhalten der T-Zacken bei der Brustwandableitung im Kindesalter".
Kinderärztl. Prax. 19, S. 263 (1951)

13 MECHELKE, K.
CHRISTIAN, P.
" Vegetative Herz- Kreislaufstörungen ".
Handbuch Innere Medizin, 4. Auflage, Band 9, IV. Teil, S. 791, Springer-Verlag (1960)

14 NORDENFELT, D.
" The orthostatic changes in the ECG and the heart rate ".
Acta med. scand. 170, S.99 (1961)

15 PERSCHMANN, G.
" EKG bei orthostatischer Kreislaufregulation ".
Zschr. Kreislaufforsch. 31, S.384 (1939)

16 RUTENFRANZ, J.
" Funktionsdiagnostik des Herz-Kreislaufsystems ".
Handbuch der Kinderheilkunde 2. Band, 1. Teil, Springer-Verlag, Berlin, S. 225 (1966)

17 SCHELLONG, F. " Regulationsprüfung des Kreislaufes.
LÜDERITZ, B. Funktionelle Differentialdiagnose
von Herz- und Gefäßstörungen ".
Dr. Dietrich Steinkopf-Verlag,
Darmstadt (1954)

18 SCHLOMKA, G. " Beiträge zur klinischen Elektro-
REINDELL, H. kardiographie V ".
Zschr. Klin. med. 130, S. 313
(1936)

19 SCHMIDT-VOIGT, J. " Fortschritte in der Erkennung
orthostatischer Kreislaufregu-
lationsstörungen ".
D M W 75, S. 462 (1950)

20 STÖRMER, J. Pädiatrischer EKG-Atlas,
HECK, W. Georg Thieme Verlag, Stuttgart
(1959)

21 SZYBOWSKA, M " Die orthostatischen Regulations-
HALIKOWSKI, B. störungen des Kreislaufs bei
TRABKA, J. Kindern ".
Helv. päd. acta 18, S. 408/414
(1963)

22 UNGHVARY, L.v. " Die Bedeutung der Achsenstellung
der T-Zacke bei der diagnosti-
schen Bewertung und Deutung der
pathologischen T-Zacke ".
Klin. Wschr. 566 (1938)

23 ZIPP, H. " Wie erkennt man vegetativ bedingte
EKG-Veränderungen in der Praxis? "
Münch. med. Wschr. 20, S. 1006
(1960)

V E R Z E I C H N I S.

Im folgenden sind namentlich die akademischen Lehrer während meines Medizinischen Studiums vom Frühjahr 1960 bis Frühjahr 1966 angeführt :

A n a t o m i e

Prof. Dr. med. NISSING	Marburg
Prof. Dr. med. PETRY	"

P h y s i o l o g i s c h e C h e m i e

Prof. Dr. med. BÜCHER	Marburg/München
Prof. Dr. med. SCHMITZ	Marburg

P h y s i o l o g i e

Prof. Dr. med. HENSEL	Marburg

G y n ä k o l o g i e

Prof. Dr. med. BUCHHOLZ	Marburg
Prof. Dr. med. WÜRTELE	Marburg/Saarbrücken

C h i r u r g i e

Prof. Dr. med. SCHWAIGER	Marburg

M e d i z i n

Prof. Dr. MARTINI	Marburg
Prof. Dr. Dölle	"

P ä d i a t r i e

Prof. Dr. med. LINNEWEH	Marburg
Prof. Dr. med. DITTRICH	"

Pädiatrie

Peter Eichmann :

" Der Einfluß der Orthostase auf das E K G im Laufe der kindlichen Entwicklung "

Geb. am 18.12. 1939 in Paderborn/Westf. Vorbildung : Gymnasium Theodorianum Paderborn,Gymnasium Marianum Warburg/W. Reifeprüfung Frühjahr 1959 Gymnasium Marianum,Warburg/W. Studiengang : Marburg 11 Semester, Innsbruck 1 Semester, Staatsexamens Januar 1966

Promotion : 17.2.1969

Referent : Prof. Dr. med. Dittrich

Correferent : Prof. Dr. med. G.A. Martini